

遵义小金钩锰矿区钻孔水泥护壁 几种灌注方法的试验研究

孙孝刚, 王 聪, 王 伟

(贵州省地矿局 102 地质大队, 贵州 遵义 563003)

摘 要:在固体岩心钻探过程中,水泥护壁是一种较常用的护壁方法,同时也是一种不易操作控制好的护壁工艺,根据水泥浆的性能及其在孔内的流动性,结合 ZK3901 孔的实际灌注经验,进行综合分析、比较,得出结论——在不同孔深,选用不同的灌注方法和不同水灰比的水泥浆,会取得不同的护壁效果。

关键词:岩心钻探;水泥护壁;灌注方法;配方;水灰比

中图分类号:P634.8 文献标识码:A 文章编号:1672-7428(2011)12-0035-04

Experimental Study on Grouting Methods of Borehole Wall Protection with Cementing in Xiaojingou Manganese Mine of Zunyi/SUN Xiao-gang, WANG Cong, WANG Wei (Geological Team 102, Guizhou Bureau of Geology and Mineral Resources, Zunyi Guizhou 563003, China)

Abstract: Cementing protection is a common method of borehole wall protection in solid core drilling, but it is not an easy process at the same time. According to the slurry performance and its fluidity in the borehole, analysis and comparison were made with practical grouting experience in ZK3901. It was concluded that when different grouting method and slurries with different water-cement ratio were applied at different hole depth, the wall protection effects were different also.

Key words: core drilling; borehole wall protection with cementing; grouting method; formula; water-cement ratio

在固体岩心钻探过程中,遇孔壁严重垮塌而泥浆护壁效果不佳,又不能使用跟管钻进的情况下,常常采用水泥灌注,待其凝固后再进行钻进施工。我们在贵州省遵义市红花岗区小金钩锰矿 ZK3901 孔施工时采用不同的灌注方法,取得了不同的效果。

1 工程概况

2009 年 7~12 月,我队依据《贵州省遵义市红花岗区小金沟锰矿详查地质设计》及设计审查意见对该矿区开展一期工作,施工 12 个钻孔,并编制送审普查地质报告;于 2009 年 12 月~2011 年 8 月开展二期工作,共计施工 40 个钻孔。ZK3901 孔便是这 40 孔之一。

1.1 地质条件

根据以前地勘工作所作的地质剖面图,该钻孔于玉龙山中部开孔,经砂堡湾、长兴、煤系至茅口组地层终孔。ZK3901 孔钻遇地层情况如下:

0~5.41 m,填土,为松散粘土及碎石;

5.41~621 m,玉龙山组灰岩,上段裂隙发育,漏失严重,且在 24.57 m 孔深内有 0.2、0.9、1.1 m 等

直径的小溶洞,下段较为完整,为细晶质灰岩,颜色较浅,硬度中等,可钻性等级 4~6 级;

621~639 m,砂堡湾组,呈浅绿色较为致密的钙质泥岩,可钻性 3~4 级;

639~728 m,长兴组灰岩,为细晶质灰岩,方解石脉发育,颜色较深,硬度较大,可钻性等级 5~7 级,多裂隙,上段漏失,下段涌水;

728~870 m,煤系及茅口灰岩,煤系段包含泥岩、炭质泥岩、砂岩、粉砂岩、煤层、煤线、硫铁矿层及下部锰矿层等,硬度变化较大,易缩径、垮塌,可钻性等级 1~6 级,且在 762~765 m 之间有 2 m 厚的粉煤层,茅口灰岩(锰矿底板厚 10 m)为浅色细晶质灰岩,硬度中等,裂隙发育,易漏失,可钻性等级 5~6 级。

整个钻孔施工地层产状较陡,由上至下,从 $\angle 70^\circ$ 逐渐变缓。

1.2 施工目的与要求

该孔施工是为了结合矿区内其他钻孔,查明矿区内的地层时代、岩性、厚度、产状和分布等,确定矿体赋存层位及矿体在地层中的空间分布;查明较大

收稿日期:2011-11-07

作者简介:孙孝刚(1966-),男(苗族),贵州遵义人,贵州省地矿局 102 地质大队工程师,探矿工程专业,从事岩心钻探技术及管理工作,贵州省遵义市汇川区 102 地质队, sunxiaogang@163.com。

的褶皱、断裂和破碎带的分布、规模和产状、构造复杂程度;对矿区内有进一步工作价值的矿体基本查明其分布、数量、赋存部位、厚度、规模、产状和矿石质量;查明矿石矿物、脉石矿物种类、矿石品位、结构构造、有益和有害成分的含量和分布,为确定是否能工业利用提供依据;调查区内自然地理条件和地貌特征;查明矿区水文地质条件及锰矿的其它开采技术条件。

钻孔设计为垂直孔,孔深为 880 m,终孔最小口径为 75 mm,施工质量必须满足地质岩心钻探的六大指标要求。

1.3 开钻前技术设计及要求

1.3.1 设备与钻进方法的选择

选用 YDX-1800 型全液压动力头岩心钻机, HQ 钻杆 600 m,相应绳索取心钻具一套(内管总成 2 套);NQ 钻杆 1000 m,相应的绳索取心钻具一套(内管总成 2 套); $\phi 130$ mm 普通长、短钻具各一套; $\phi 110$ mm 普通钻具一套;变径接头、换径导向以及所用的工具(包括事故打捞工具,如 $\phi 75$ 、89、108、127 mm 的通天丝锥或“炮弹”锥等)至少一套; $\phi 127$ mm 套管 20 m, $\phi 108$ mm 套管 50 m, $\phi 89$ mm 套管 300 m;另安全及机场常用设备应齐备。

1.3.2 钻进方法

采用 $\phi 130$ mm 钻具开孔,钻穿浮土,进入基岩 2 m 后,下入 $\phi 127$ mm 定向管;换径,改用 $\phi 110$ mm 钻具钻进,根据岩层的稳定情况,若孔壁稳定、完整不漏,钻 10~20 m 后,换径。若孔壁不稳、漏失,下入 $\phi 108$ mm 套管后,换径;改用 $\phi 91$ mm 绳索取心钻进后,仍然根据孔壁的稳定情况,若孔壁稳定,不需要套管护壁防漏,钻进 30~50 m 后,换径。若孔壁不稳,只能用套管护壁防漏的情况下,应钻至不需要套管护壁防漏的位置,方能换径。最后用 $\phi 77$ mm 钻至终孔。总之,以提高钻进效率为目的,以孔内安全为条件,以满足地质设计要求为准则施工。可换径时早换径,不需套管时尽量不用。

1.3.3 冲洗液与护壁措施

1.3.3.1 上浮地层(煤系以上)

(1)若地层比较稳定,漏失不严重,尽量采用无固相或低固相冲洗液,达到润滑钻具、携带岩粉之目的。

(2)若地层不算稳定,冲洗液漏失较为严重时,应采用普通优质泥浆钻进,使孔内既能保持一定的液柱压力,维持孔壁稳定,又能携带岩粉、润滑钻具和实现堵漏。

(3)若地层严重不稳定,严重漏失或涌水,泥浆护壁无效时,应采用套管护壁。

(4)若遇流砂层、砾卵石层极不稳定地层,采用跟管钻进或用 $\phi 89$ mm 钻杆作套管护壁。

(5)若遇溶洞和较大的裂隙,采用套管(或双层套管)隔离。

1.3.3.2 煤系地层、矿层及底层

根据煤系及底层易缩径、垮塌、漏失的特性,应采用密度较大的优质泥浆。

1.4 ZK3901 孔孔身结构(如图 1 所示)

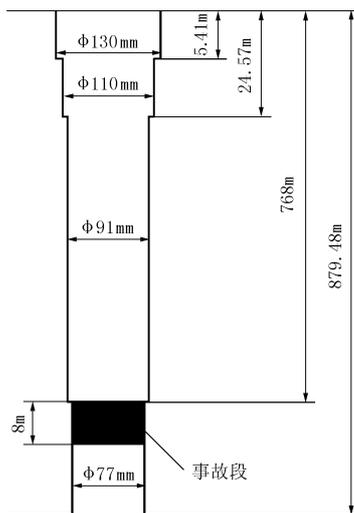


图 1 ZK3901 孔孔身结构示意图

下入孔内套管情况:

孔深 0~5.41 m 段,下 $\phi 127$ mm 套管 5.5 m;

孔深 0~24.57 m 段,下 $\phi 108$ mm 套管 24.62 m;

孔深 0~768 m 段,下 $\phi 89$ mm 套管 768.20 m。

2 事故情况及处理方案

2.1 事故情况

该钻孔孔径从开孔 130 mm 变径至 91 mm 后,孔深至 543 m 时下 $\phi 89$ mm 套管,换用 $\phi 77$ mm 钻进至孔深 770 m(已进入煤系地层)时,由于现场未使用优质泥浆护壁,使钻孔缩径→扫孔→钻具断入孔内→打捞,由于事故钻具被埋,无效→拔出 $\phi 89$ mm 套管→扩孔超过事故头后,将事故钻具打捞出土。下 $\phi 89$ mm 套管至孔深 768 m,继续用 $\phi 77$ mm 绳索取心钻具钻进,钻至孔深 785.7 m 后,钻具内管部件损坏而起大钻,随后下钻,钻具未出套管底部就下不去了,之后配制了密度 >1.2 kg/L 的泥浆原钻具扫孔,反复数次都无法护孔(憋泵严重)扫下去。

事故原因:钻孔在 762~765 m 孔段为 2 m 多厚

的粉煤层,下至套管脚为炭质页岩,极为破碎,严重垮塌,768~776 m为炭质页岩、泥质页岩、泥质灰岩互层,垮塌缩径并存;由于钻机桅杆高度只能一次起下6 m钻杆,且主卷扬上(下)速度极慢,因此起下大钻的时间过长,不利于孔壁的稳定性;钻具质量差,起下大钻的次数较多。

2.2 事故处理方案

针对泥浆难以护壁,又受终孔口径的限制而不能下套管,扫孔时钻具无法通过事故孔段,因此,决定对768~776 m事故孔段采用水泥逐次向下灌注护孔工艺固孔。即:每次尽力使钻具扫到事故段的最大深度,待灌注的水泥浆凝固后,钻(扫)后又往下灌注,直至将事故孔段护完。另配20 m高的钻塔一付,以减少起下大钻的时间。

灌注之前,将原钻具($\varnothing 77$ mm)和底部几根绳索取心钻杆($\varnothing 71$ mm)换为普通 $\varnothing 50$ mm钻杆(底部镶硬质合金、割水口),以便使得钻具相对扫得更深一些,同时增加水泥浆上返的环状空间。

3 水泥灌注施工

3.1 替浆的时间(T)的计算

因为泵量不变,几种液体(冲洗液、水泥浆和水)的流量相等,在孔(管)内的运动轨迹相似,根据文献[1]第四章中的“相似原理”,即:“几何相似、运动相似、动力相似”。故计算时忽略冲洗液、水泥浆和水因密度、与孔(管)道阻力等因素在孔(管)内的影响,则:

$$T = (t_1 - t_2) / 2$$

式中: t_1 ——替浆进孔到返出孔口的全孔流动时间;
 t_2 ——灌水泥浆所需时间。

水灰比:参照文献[2]中混凝土在水下灌注的性能(塌落度、流动性)配比,水灰比值确定为0.5~0.6。

3.2 第一次灌注

水泥浆的配方:250 kg水泥+5 kg食盐+1 kg西卡王(减水剂)+125~135 kg水。

灌注方法是采用泥浆泵将水泥浆送入孔内,替浆量的计算用时间置换法计,即:将钻具下入孔内,向下扫孔至最大深度,用清水送入孔内钻杆开始计时,到清水将孔内泥浆全部排出孔外,清水返出孔口为止,这段过程所用的时间为 t_1 。

灌注步骤:(1)将钻具下入孔内,向下扫孔至最大深度(约769 m),用清水灌入孔内,计时,当清水返出孔口时,时间 t_1 为54 min;(2)将水泥浆按上述

配方配好,搅拌均匀,置于容器内,再将容器摆放在靠近水池中莲蓬头边的池沿;(3)停泵,立即将莲蓬头置于配制好水泥浆的容器内开泵灌注,计时,水泥浆灌注时间 t_2 为7 min;(4)不停泵,迅速将莲蓬头放入清水池内,送水22 min[参考值 T 应为 $(54 - 7) / 2 = 23.5$ min],停泵起钻。

要求动作连贯,泵量从(1)到(4)过程中保持不变。

8天后下钻取样检查,发现效果不佳。即水泥浆被水稀释,其孔内凝固后的强度与地表试验块强度相比相差较大,质软,不能有效护壁。

3.3 第二次灌注

由于第一次灌注的水泥浆在孔内凝固效果不佳,西卡王又是建筑上混凝土所使用的减水剂,对其性能不够了解,故参照文献[3]中册第八章中的“三乙醇胺”(P179)而改用下列配方:250 kg水泥+2.5 kg食盐+水泥用量的0.05%的三乙醇胺+125 kg水。

其灌注方法与上次相同,钻具所扫下深度与第一次相同,由于现场操作人员未交替浆时间(23.5 min)送灌,即水泥浆灌完后,用清水送浆时间还不足18 min后停送,提起2根立根(略18 m)后将其余钻杆置于孔内,6天后下钻检查,发现水泥浆没有灌出钻具底部,在钻杆内凝固,灌注失败。

3.4 第三次灌注

水泥浆的配方、用量和灌注方法与第二次相同,钻具能向下扫至孔深770.5 m(第一次灌注虽未达到预期的效果,但还是起了一定的作用),由于钻具相对加深,送替浆用时为25.5 min($25.5 \text{ min} < t_1 / 2$,即替浆不完全过孔底),6天后下钻取样检查,发现水泥浆凝固效果较好,灌注成功——即套管脚768~770.5 m孔壁已固。

3.5 第四次灌注

水泥浆的配方及用量与第三次相同,灌注方法是人工灌注泵送替浆,替浆量以时间记算。

灌注步骤:(1)将钻具下到孔内,开泵循环扫至钻具能下到的最深孔深,同时按上述配方及用量,将水泥浆搅拌好,并置于前车地板上,以方便灌注;(2)停泵,从孔口卸下钻具,用卫生纸(卫生纸要求在水中浸泡一定的时间能变为纸浆)适量(10 cm厚)塞进孔内钻具,再灌入适量稠的PHP(聚丙烯酰胺),随后灌入水泥浆;(3)水泥浆灌完后,再塞入卫生纸,灌入适量稠的PHP;(4)用泵送入替浆(清水)后,起钻。发现钻杆堵塞,灌注失败。

灌注钻具下段9 m左右为 $\varnothing 50$ mm普通钻杆,上段为NQ钻杆。这种钻具搭配是因为NQ钻具往下扫孔严重憋泵,无进尺的情况下,针对 $\varnothing 50$ mm普通钻杆具有易镶硬质合金,且返浆效果好的特点,容易往下扫孔而为。

3.6 第五次灌注

水泥浆的配方及用量与第四次相同,其灌注方法是采用人工灌注泵送替浆,钻具能扫至孔深774.5 m。替浆用量 V 根据钻具容积计算。即: V 在满足 $V_1 > V \geq V_1 - V_2$ 范围内(其中 V_1 为灌浆钻具孔口至孔底的容积, V_2 为水泥浆体积的1/2),根据孔底灌浆钻具内径(容积)和孔壁与钻具的环状间隙(容积)及估计孔内垮塌的大小程度(由取出填积物的多少和埋深长度判断),来确定 V 的具体数值,环状容积和垮塌范围大时 V 取大值,反之取小值。

(1)计算出灌浆钻具的容积。

$$V_1 = (774.5 - 9) \times 3.14 \times 0.03^2 + 9 \times 3.14 \times 0.018^2 \\ \approx 2.172 \text{ m}^3$$

$$2V_2 = (0.53 + 0.54) \times 3.14 \times 0.27^2 \approx 0.245 \text{ m}^3$$

即: $V_2 \approx 0.123 \text{ m}^3$

$$V_1 - V_2 = 2.172 - 0.123 = 2.049 \text{ m}^3$$

式中:(774.5 - 9)——NQ钻杆灌注的长度, m; 9—— $\varnothing 50$ mm普通钻杆灌注的长度, m; 0.03、0.018——内半径, m。

即: $2.175 \text{ m}^3 > V \geq 2.049 \text{ m}^3$ 。根据现场实际情况,取 $V = (774.5 - 9) \times 3.14 \times 0.03^2 = 2.163 \text{ m}^3$,因为替浆送到距灌浆钻具底部9 m的位置也能满足要求。

(2)量好替浆池面积,计算出所需替浆容积的下降深度 H 。

替浆(泥浆)池长 \times 宽 \times 高(深)为2.5 m \times 2.2 m \times 2.0 m。

将替浆(清水)灌满泥浆池后,则替浆下降的深度 $H = 2.163 / (2.5 \times 2.2) \approx 0.393 \text{ m}$ 。

(3)水泥浆灌完后,送入所需的替浆(清水),起钻。

6天后下钻取样检查,效果极佳,钻具能顺利通过事故孔段,达到了预期的目的。

4 几种灌注方法分析比较

通过该孔的几次灌注成功和失败过程以及地表实验的观察和分析,对上述几种灌注方法的优缺点总结如下。

4.1 泵灌法

其优点是灌注时间短,操作方便。但要求水泥浆有较好的可泵性,即要控制好水灰比;在灌注途中水泥浆容易被水稀释,在深孔灌注中水泥浆损耗较大。

4.2 人工灌注法

因为在灌注过程中,水泥浆上下都有隔水层,所以水泥浆不会被稀释;水灰比控制没有严格要求,即水泥浆干湿度要求不高,在钻具内能流动即可。但由于钻具内径较小,不易操作,容易在钻具内架桥;另外由于灌注时间长,容易在钻具内凝固。

4.3 替浆的时间计算法

采用时间计算法计算简单,易于操作。缺点是计算不精确。因为水泥浆与水的密度和流动性不一样,所以在孔内的流速不相同。同时,泵量也难控制到前后一样,且由于水泥浆和水的流动性不一样,机器的操作性能也不可能做到很精确。

4.4 替浆的容积计算法

采用容积计算法能较精确地计算出替浆的用量,从而使灌注的位置准确无误。其缺点是计算和丈量替浆池较为困难。因为受场地的限制,有些替(泥)浆池不一定规则。

4.5 灌浆钻具特性

钻具内径大,一径到底、中途无变径,有利于水泥浆的灌注。水泥浆较稠时,在钻具内不易凝固堵塞,且人工灌注时操作方便。反之,水泥浆易凝固堵塞,人工灌注不方便。

5 结论及建议

5.1 结论

根据以上灌注经验及分析,结合文献[1]中相关理论,可以得出以下结论:

(1)由于绳索取心钻杆接头处内径的改变远小于普通钻杆接头处内径的改变,所以流体在绳索取心钻杆接头处所受的阻力远小于在普通钻杆接头处所受的阻力;

(2)在相同泵量下,由于绳索取心钻杆的内空断面远大于普通钻杆的内空断面,所以,流体在绳索取心钻杆内的运动速度就远小于流体在普通钻杆内的运动速度,流体在绳索取心钻杆内所受的阻力就远小于在普通钻杆内所受的阻力;

(3)在不计孔深的情况下,可根据灌注工具(绳索取心钻杆及普钻钻杆)的不同调节水灰比和选择灌注方法,绳索取心钻杆内径较大,在相同配方的水

(下转第42页)

钻开后,尤其是起钻过程中,由于围压逐渐降低,气体将从岩心中逐渐逸出。该钻具的内管3上设有一管路,逸出的气体将顺着管路进入密封瓶7中并替换出其中的液体。同时,钻程结束时在内钻头4处已形成了被压实的煤心“塞子”并被爪簧托住(参见图2f),可防止在提钻过程中气体逸出和煤心脱落。到达地表后,可在实验室通过旋塞13和软管接头14取出煤层气样品。

4 结语

钻探工作面对的地下岩层性质千差万别,不可能用一种万能的取样工具去应对所有的岩层。必须针对不同的钻探对象研制结构各异的取样工具。为解决我国能源紧缺的“瓶颈”问题,更应重视煤田及煤层气资源勘探所需的特殊结构取样钻具。

煤心是反映地下煤层物质成分、组织结构的唯一实物资料。为保证煤心的代表性、纯洁性和取心位置的准确性,取煤样钻具应具有内管单动、超前、

隔水、避振、防脱落等功能。

我国的煤层瓦斯突出,用于煤层气勘探的取样工具应在前述钻具特点的基础上增加密封、冻结、集气等专用功能,并使两者有机结合起来。

本文分析的含气体样品专用取样工具也可用于石油、天然气钻探。

参考文献:

- [1] 鄢泰宁,孙友宏,彭振斌,等. 岩土钻掘工程学[M]. 湖北武汉:中国地质大学出版社,2001.
- [2] А. Г. Калинин и др. РАЗВЕДОЧНОЕ БУРЕНИЕ [M]. Москва: НЕДРА, 2000.
- [3] Н. В. Соловьев и др. БУРЕНИЕ РАЗВЕДОЧНЫХ СКВАЖИН [M]. Москва: Высшая школа, 2007.
- [4] 贾明群,王毅,王力,等. 复合排渣钻进技术在松软突出煤层中的应用[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2010, 37(4): 23-26.
- [5] 张家军,潘峰. 煤田深孔补采煤心施工技术[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2010, 37(5): 34-35, 52.
- [6] 许青海,刘维鹏,白宝山,等. 湖泊相沉积地层大陆环境科学钻探施工技术研究[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2011, 38(5): 20-22.

(上接第38页)

泥浆下流动性较普通钻杆要好,而不容易凝固,因此选用绳索取心钻杆灌注时,水泥浆配制水可适当少加一些,能缩短孔内凝固时间。同时,选择人工灌注时较普通钻杆要好,在灌注过程中水泥浆不会被稀释。在较慢的灌注过程中,水泥浆不容易在钻具内凝固。

5.2 建议

(1) 浅孔(0~200 m)水泥浆灌注可选择泵送法,替浆量用时间计算法计算,较为方便,省时省力。

(2) 中深孔(200~700 m)水泥浆灌注,可视工人对灌注工艺的熟练程度和经验,以及钻孔施工的具体情况(孔深、灌注钻具是绳索取心钻杆或普通钻杆),而选择以上两种之一,或任意组合。

(3) 深孔(700 m以深)水泥浆灌注应选择人工

灌注法,替浆量用容积计算法计算,灌注成功率高。

参考文献:

- [1] 贾崇基,蔡公达. 工程流体力学[M]. 四川成都:成都地质学院,1987.
- [2] 张泽业. 工程施工钻探技术[M]. 四川成都:成都地质学院,1987.
- [3] 武汉地质学院,等. 钻探工艺学[M]. 北京:地质出版社,1981.
- [4] 毛雅杰,陈全明. 湘河大泉钒矿复杂地层钻进技术[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2010, 37(3): 21-23.
- [5] 谷穗,乌效鸣,蔡记华. 纤维水泥浆堵漏实验研究[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2009, 36(4): 4-6.
- [6] 谢青龙,于殿奎. 白山金英矿区复杂地层钻进护壁堵漏技术[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2007, 34(10): 35-35.
- [7] 钱书伟,王如春. 岩心钻探水下灌注水泥方法探讨[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2009, 36(1): 18-21.

勘探技术研究所一项发明专利获中国专利优秀奖

本刊讯 2011年11月8日,国家知识产权局和世界知识产权组织在京举行第十三届中国专利奖颁奖大会。本届专利奖共评选出专利金奖15项,外观设计金奖5项,专利优秀奖177项,外观设计优秀奖35项。国土资源部所属中国地质科学院勘探技术研究所的发明专利“双喷嘴复合阀式液动潜孔锤”(专利号02125436.2)荣获第十三届中国专利优秀奖,是国土资源部在本届获得的唯一一项奖励。

“双喷嘴复合阀式液动潜孔锤”发明创造由勘探技术研究所谢文卫、苏长寿等发明人完成。该专利提供了一种双喷嘴复合阀式液动潜孔锤,当使用的泥浆中固相含量较高时能有效地解决运动零件阻卡问题,提高液动潜孔锤在泥浆中的

工作稳定性。该技术方案可明显简化液动锤的结构、提高其工作可靠性,在现场钻探施工中维护方便,因而更加易于推广应用。实践证明采用该液动锤可大幅度提高钻进效率、延长钻探取心回次长度、减少辅助工作时间和材料消耗。该专利技术解决了我国液动冲击回转钻进技术中关键钻具技术难题,为该技术在我国的广泛应用奠定了基础并走在了世界前列。

根据此专利形成的系列高效液动潜孔锤技术达到国际领先水平,转化成的产品已有近千套应用于生产现场,钻进工作量达百万米以上,取得了显著的社会效益和经济效益。

(勘探技术研究所 苏长寿、谢文卫 供稿)